

## Розділ 12. Економічні аспекти підвищення надійності електропостачання

призводять до масового недовипуску продукції, перерв у роботі працівників, значних простоїв механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Електроприймачі II категорії в нормальних режимах також повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаємно резервованих джерел живлення. Живлення приймачів II категорії при аварії повинно бути збережене або автоматично відновлене. Останній захід на практиці застосовується найчастіше;

– **III категорія** – усі інші електроприймачі, що не входять до I і II категорій. Для електроприймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови, що перерви у електропостачанні, необхідні для ремонту або заміни ушкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують однієї доби.

### 12.3 Оцінка економічного збитку від ненадійності електропостачання

Під **економічним збитком** розуміють втрати соціально-економічної системи у грошовій формі (додаткові видатки, упущена вигода, прямі втрати тощо) через пошкодження або вихід із ладу її майна, порушення системної цілісності, погіршення ринкової кон'юнктури, зниження якості людського капіталу, погіршення якості навколишнього природного середовища тощо.

**Електроенергетичний збиток** – це втрати у грошовій формі через зниження продуктивності або пошкодження електротехнічних пристроїв та електрообладнання, неузгодженість роботи системи енергопостачання та підприємства, а також інші втрати, пов'язані з перервами у електропостачанні та погіршенням якості електричної енергії.

Для енергопостачальних компаній електроенергетичний збиток може бути обумовлений розірванням контрактів на електропостачання; штрафними санкціями внаслідок перерв у електропостачанні; витратами на аварійний ремонт (відновлення) устаткування або втратами, пов'язаними з його недоамортизацією при достроковій ліквідації; додатковими втратами електроенергії в мережі внаслідок відхилення електричного режиму від оптимального; вартістю палива, що витрачається на пуск енергоблоків, розпалювання котлоагрегатів і підтримку горіння в топках під час аварійного розвантаження або зупинень агрегатів електростанцій; витратами на демонтаж і транспортування устаткування при відправленні на ремонт; додатковими витратами на виробіток електроенергії на агрегатах, що заміщують основні; витратами на утримання резервного устаткування; втратами, пов'язаними з простоями устаткування та вимушеними перервами у роботі обслуговуючого персоналу; недоотриманням прибутку через недо-

відпуск електроенергії споживачам при відключенні з попередженням під час проходження максимуму навантаження; раптовим відключенням споживачів і недовідпуском електроенергії за час відновлення електропостачання.

*Для конкретного підприємства-споживача* величина збитку буде визначатися втратою даним підприємством частини прибутку, браком продукції, заморожуванням основних і оборотних фондів, перевитратою коштів, пов'язаних з управлінською і контролюючою ланками виробництва.

*Для комунально-побутового споживача* негативні наслідки збитку матимуть соціально-економічний характер і полягатимуть у погіршенні умов праці, зниженні рівня житлово-побутової забезпеченості населення, збільшенні випадків захворюваності, неповному задоволенні емоційних та інтелектуальних запитів населення, зменшенні активного фонду вільного часу й зниженні якості його використання на ін.

*Для регіонального господарства та національної економіки* збиток може виражатися втраченою частиною доданого продукту, перевитратою коштів на оплату праці управлінського апарату, виділенням коштів на створення додаткового резерву, відволіканням певних економічних ресурсів з інших галузей.

Таким чином, збиток конкретного споживача визначається прямими втратами і нереалізованими можливостями споживача у процесі його функціонування. Відповідно збиток національної (регіональної) економіки – це невикористана можливість збільшення національного доходу та морально-соціальні втрати суспільства.

Загалом збиток можна класифікувати за низкою ознак:

- *за об'єктами:*

- життю і здоров'ю конкретних людей (зниження тривалості життя, погіршення здоров'я);
- юридичним особам (збиток самій енергосистемі, споживачеві, суміжним ланкам);
- державі або регіону;
- навколишньому природному середовищу;

- *за ресурсними втратами:*

- від простою та зниження рівня продуктивності людського капіталу;
- від непродуктивної витрати або перевитрати предметів праці;
- від простою або прискореного зношення засобів праці;
- від втрати готової продукції;
- від втрати неробочого часу населенням;

- *за рівнем втрат* (мірою впливу на життєдіяльність суб'єктів господарювання):

- припустимий, що не перевищує розрахункового прибутку від підприємницької операції;
- критичний, що перевищує розрахунковий підприємницький прибуток;
- катастрофічний, що перевищує грошові можливості підприємця, суттєво погіршуючи його майновий стан. Цей збиток може призвести до банкрутства суб'єкта господарювання;

- *за родом втрат*:

- матеріальний збиток, пов'язаний із прямими втратами майна, продукції, сировини і матеріалів;
- трудовий збиток, обумовлений втратою робочого часу;
- фінансовий збиток, пов'язаний із втратами суб'єктами господарювання грошових коштів;
- втрата часу, що виникає у випадку, коли процес діяльності відбувається повільніше, ніж планувалося;
- моральний (репутаційний) збиток, пов'язаний із нанесенням збитку іміджу підприємства, честі і гідності людини;
- соціальний збиток, що проявляється у завданні збитку здоров'ю і життю людей;
- екологічний збиток, який полягає у завданні збитку навколишньому природному середовищу;

- *за природою виникнення перерви в електропостачанні*:

- збиток, викликаний плановим відключенням споживачів;
- збиток, викликаний неплановим відключенням споживачів (різні види аварій та інцидентів);

- *за причиною збитків від перерви в електропостачанні*:

- збиток, викликаний відмовою устаткування;
- збиток, викликаний помилкою персоналу;
- збиток, викликаний діями третіх осіб (тероризм, саботаж, диверсії тощо);

- збиток, викликаний стихійними лихами;

- збиток, викликаний пожежами;

- *за калькулюванням*:

- калькульований – збиток, величина якого піддається кількісно-імовірнісному виміру, що дає можливість для його зниження і страхування;

- некалькульований – збиток, величина якого не піддається кількісно-імовірнісному виміру;

- *за можливістю страхування*:

- збиток, який можна застрахувати;
- страховий збиток, який застрахувати не можна.

Класифікація складових збитку за ознаками дозволяє забезпечити системний підхід при обліку втрат і витрат, що входять до складу збитку, а також полегшити визначення конкретних напрямів його оцінки (Яковлев, 2012).

Для споживача електроенергії важливо оцінити *реальні витрати*, які він може понести через ненадійність електропостачання і які він міг би закладати у договірні відносини з ЕК, з одного боку, та із суміжними підприємствами у випадку зриву поставок своєї продукції – з іншого.

Економічний збиток споживача від перерви електропостачання (3) має дві складові (Справочник, 1990):

$$3 = 3' + 3'', \quad (12.3)$$

де  $3'$  – первинний збиток, викликаний перервою електропостачання даного споживача (підприємства або технологічного агрегату), грн;  $3''$  – вторинний збиток у результаті вимушеного простою наступного технологічного етапу або суміжного підприємства, грн.

При наближених розрахунках і проектуванні можна користуватися відносною величиною питомого збитку на одиницю спожитої електроенергії або на одиницю продукції ( $y_t$ , грн/од. продукції), яка є приблизно постійною для споріднених підприємств кожної галузі:

$$3' = (y_t \cdot t_n \cdot \omega_{розр}) = y_t \cdot k_n \cdot Пр, \quad (12.4)$$

де  $3'$  – можливий первинний збиток (ризик), спричинений перервою електропостачання певного споживача, грн;  $t_n$  – час вимушеного простою через порушення електропостачання, год;  $\omega_{розр}$  – розрахункова інтенсивність аварійних перерв електропостачання, 1/год;  $Пр$  – середня продуктивність підприємства, одиниць продукції/год;  $k_n$  – коефіцієнт простою ( $k_n = \omega_{розр} \cdot t_n$ ).

Якщо обсяг продукції  $ВП$ , що випускається підприємством (і його дохід), пропорційний отриманій електроенергії, то

$$ВП = k \cdot W = k \cdot N_{сер} \cdot t_p, \quad (12.5)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності випуску продукції обсягу отриманої електроенергії;  $W$  – отримана підприємством електроенергія, кВт·год;  $N_{сер}$  – середня споживча потужність, кВт;  $t_p$  – нормативний час роботи споживача, год.

Тоді основна складова збитку  $3(t)$  буде пропорційна зниженню випуску продукції:

$$3(t) = \Delta ВП = k \cdot \Delta W = k \cdot N_{сер} \cdot t_n, \quad (12.6)$$

де  $\Delta ВП$  – зниження випуску продукції підприємства у результаті перерв у електропостачанні, грн;  $\Delta W$  – обсяг недопоставленої електроенергії, кВт·год.

У результаті зниження випуску продукції можна визначити зменшення величини прибутку  $\Delta П$ . Тоді збиток від перерви електропостачання можна розрахувати як різницю між ціною та собівартістю одиниці продукції, помноженої на кількість одиниць продукції, які було б виготовлено при нормальній роботі виробничої системи:

$$\Delta П = \sum_{i=1}^m (Ц_i - C_i) \cdot N_{\text{год } i} \cdot t_{\text{п } i}, \quad (12.7)$$

де  $Ц_i$ ,  $C_i$  – відповідно ціна і собівартість одиниці продукції  $i$ -го виду, грн/шт.;  $m$  – кількість видів продукції, що випускається;  $N_{\text{год } i}$  – годинна продуктивність обладнання з випуску  $i$ -ї продукції, шт./год;  $t_{\text{п } i}$  – час простою обладнання з випуску  $i$ -ї продукції, год.

Якщо обладнання не простоє, але часткова відмова техніки викликає зниження якості продукції і зростання її собівартості, то

$$\Delta П = \sum_{i=1}^m [(Ц_i - C_i) - (Ц'_i - C'_i)] \cdot N'_{\text{год } i} \cdot t'_{\text{п } i}, \quad (12.8)$$

де  $Ц_i$ ,  $C_i$  – відповідно ціна і собівартість одиниці  $i$ -ї продукції при нормальному проходженні технологічного процесу, грн/шт.;  $Ц'_i$ ,  $C'_i$  – відповідно ціна і собівартість одиниці  $i$ -ї продукції при частковій відмові системи автоматизації, грн/шт.;  $N'_{\text{год } i}$  – годинна продуктивність обладнання при виробництві  $i$ -ї продукції в результаті часткової відмови системи автоматизації, шт./год;  $t'_{\text{п } i}$  – час роботи обладнання з випуску  $i$ -ї продукції при частковій відмові засобів автоматизації, год.

Зниження рівня рентабельності  $\Delta R$  може бути розраховане як

$$\Delta R = \left( \frac{\Pi}{K} - \frac{\Pi - \Delta П}{K + \Delta K} \right) \cdot 100 \%, \quad (12.9)$$

де  $\Pi$ ,  $\Delta \Pi$  – відповідно величина розрахункового прибутку при запланованому обсязі виробництва та її зменшення в результаті відмов системи автоматизації, грн;  $K$ ,  $\Delta K$  – відповідно величина виробничих фондів у споживача при нормальному виконанні технологічного процесу та її зростання при відмовах техніки.

Якщо має місце невиправний брак продукції, то збиток  $З$  розраховується за формулою

$$З = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_{bij} \cdot C_i, \quad (12.10)$$

де  $k_{ij}$  – кількісна величина браку, що припадає на одну відмову, шт., т, м<sup>3</sup> і т. ін.;  $n$  – кількість відмов засобів автоматизації, які призводять до невикористання браку.

За наявності виправного браку втрати можуть бути визначені за формулою

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n'} k_{ij} [M + I + T \cdot C_{\text{годi}} \cdot (1 + K_n) \cdot (1 + \frac{P_{\text{нк}}}{100})], \quad (12.11)$$

де  $M$ ,  $I$ ,  $T$  – відповідно середні витрати на матеріали, інструмент і час на усунення браку на одиницю продукції при одній відмові;  $C_{\text{годi}}$  – годинна тарифна ставка робітника, який виправляє брак, грн/год;  $K_n$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату, %;  $P_{\text{нк}}$  – коефіцієнт накладних витрат;  $n'$  – кількість відмов засобів автоматизації, які призводять до виправного браку.

Крім того, перерви в електропостачанні призводять до порушення технологічного процесу, вимушених перерв у роботі персоналу і простоїв устаткування, недовикористання обладнання, непродуктивної витрати сили і т. д. (Шеметов, 2006).

### Подобиці

Одна з агрофірм вимагає з «Київобленерго» компенсацію за збиток, заподіяний відключенням електроенергії. Через відсутність протягом 5,5 годин енергопостачання 30 птахофермам фірми загинуло 600 тис. курчат-бройлерів загальною вагою понад 831 т.

Енергопостачання птахоферм припинилося вранці, коли був шквальний вітер, який призвів до падіння дерев на лінії електропередачі. Агрофірма мала два незалежні джерела енергопостачання, але в той день були знеслаблені обидва. Співробітники фірми відразу ж почали телефонувати диспетчерам «Київобленерго», але оскільки був вихідний день, виявилось, що немає ані необхідних фахівців, ані техніки, ані пального для автомобілів.

Через деякий час температура на птахофермах піднялася до 45°C, не працювала вентиляція, у повітрі підвищилася концентрація аміаку. У результаті птахи загинули від задухи. Отже, тепер агрофірма висуває претензії до «Київобленерго» і вимагає відшкодування збитку в судовому порядку. Прямий збиток компанія оцінює приблизно в 200 млн грн, а про недоотриманий прибуток мова навіть не йде.

Не менш актуальною є проблема вимушених перерв у електропостачанні і для сучасних міст, залежність яких від електроенергії є очевидною. У таблиці 12.6 наведені повні збитки від відключення серверів від електроенергії в США за 1 годину простою.

*Таблиця 12.6 – Приблизні втрати, що можуть бути спричинені відключенням серверів тривалістю в 1 годину, в організаціях сфери послуг США (Хонф, 2008)*

Організація, вид діяльності	Втрати, тис. дол. США
Біржові трансакції	декілька мільйонів
Авторизація кредитних карток (банки)	до 2000
Амазон – одна з найбільших компаній, що займається інтернет-торгівлею	180
Бронювання квитків на літаки	89
Резервування (готелів, автомобілів і т. п.)	41
Банкомати	14

Знаючи величину збитку, заподіяного споживачам перериванням постачання електричної енергії, та збитку, пов'язаного з аварійним ремонтом устаткування, можна порушувати питання про забезпечення оптимального рівня надійності електроенергетичного устаткування, установок і систем.

#### 12.4 Економічні критерії підвищення надійності електропостачання

Одним із найважливіших критеріїв економічності при обґрунтуванні заходів підвищення надійності електропостачання є витрати, які можна компенсувати технічно та організаційно-економічно. Зниження ступеня надійності електропостачання значно збільшує експлуатаційні витрати. Оптимальність проектів з підвищення надійності означає при цьому, що заданий виробничий ефект можна одержати при мінімально можливих витратах матеріальних ресурсів. При визначенні оптимального варіанта з деяких можливих, що забезпечують виконання технічного завдання, необхідно визначити приведені витрати на спорудження й експлуатацію енергетичного об'єкта ( $B$ ), які залежно від тривалості спорудження та умов почергового введення обчислюються по-різному.

Якщо будівництво та пуск в експлуатацію здійснюються упродовж одного року, то

$$B = e_n \cdot K + B_e, \quad (12.12)$$

де  $e_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень  $K$  (при нормативному терміні служби 10 років,  $e_n = 1/10 = 0,1$ );  $B_e$  – річні експлуатаційні витрати, грн.

Якщо об'єкт будується упродовж  $T$  років, то:

$$B = e_n \cdot \sum_{t=1}^T K_t \cdot (1+i)^{t-1} + B_e, \quad (12.13)$$